

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000286507 A**

(43) Date of publication of application: **13.10.00**

(51) Int. Cl

H01S 5/343

(21) Application number: **11367043**

(22) Date of filing: **24.12.99**

(30) Priority: **29.01.99 JP 11021036**

(71) Applicant: **SHARP CORP**

(72) Inventor: **ATSUNUSHI FUMIHIRO
OKUBO NOBUHIRO
KAWATO SHINICHI**

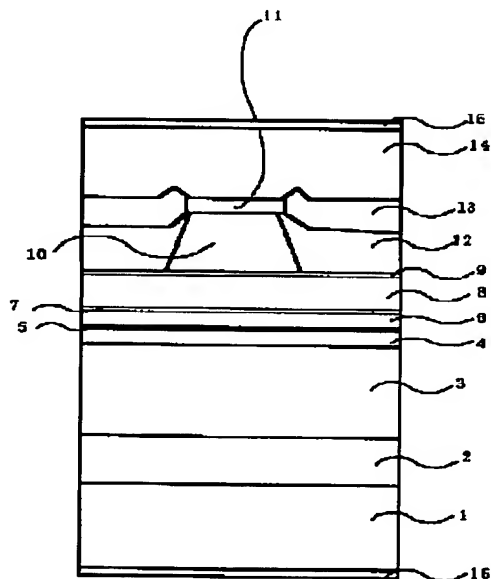
**(54) SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT AND
MANUFACTURE THEREOF**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser element of high output and satisfactory reliability by preventing diffusion of impurity to an undoped optical guide layer, in the semiconductor laser element containing a quantum well as an active layer.

SOLUTION: In a semiconductor laser element containing a quantum well as an active layer 5, an undoped thin spacer layer 7 is provided between an undoped optical guide layer 6 and a p-type clad layer 8. It is desirable that the thickness of the spacer layer 7 be 5 nm or larger and less than 10 nm. Since the spacer layer 7 absorbs impurities diffused from the p-type clad layer 8, impurity diffusion to the optical guide layer 6 is prevented.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-286507

(P2000-286507A)

(43)公開日 平成12年10月13日(2000.10.13)

(51)IntCl.

H 0 1 S 5/343

識別記号

F I

H 0 1 S 5/343

キーワード(参考)

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-367043

(22)出願日 平成11年12月24日(1999.12.24)

(31)優先権主張番号 特願平11-21036

(32)優先日 平成11年1月29日(1999.1.29)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 厚主 文弘

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72)発明者 大久保 伸洋

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74)代理人 100062144

弁理士 青山 稔 (外1名)

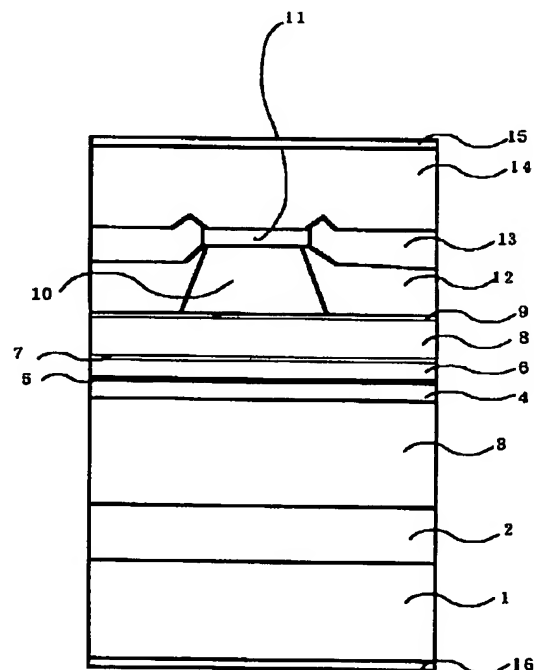
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザ素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 量子井戸を活性層とする半導体レーザ素子においてアンドープ光ガイド層への不純物の拡散を防止することによって、高出力で信頼性の良好な半導体レーザ素子を提供する。

【解決手段】 量子井戸を活性層5とする半導体レーザ素子において、ノンドープ光ガイド層6とp型クラッド層8との間にアンドープの薄いスペーサ層7を設ける。スペーサ層7の層厚は好ましくは5nm以上10nm未満である。このスペーサ層7がp型クラッド層8から拡散してくる不純物を吸収するので、光ガイド層6への不純物拡散が防止できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 1対のクラッド層に挟まれた量子井戸活性層と、前記クラッド層の少なくとも一方と、量子井戸活性層との間に配置された光ガイド層とを備えた半導体レーザ素子において、

前記光ガイド層と前記少なくとも一方のクラッド層との間に、アンドープのスペーサ層を設けてなることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項2】 前記スペーサ層は、光ガイド層とp型クラッド層との間に形成され、その層厚が5nm以上10nm未満であることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記p型クラッド層は、そのキャリア濃度が、 $8 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であることを特徴とする請求項2に記載の半導体レーザ素子。

【請求項4】 前記スペーサ層は、p型の導電性を有すると共に、前記光ガイド層との界面でのキャリア濃度が $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下であることを特徴とする請求項2又は3に記載の半導体レーザ素子。

【請求項5】 前記スペーサ層は、その組成が前記p型クラッド層と等しいか又はp型クラッド層よりもバンドギャップが大きくなることを特徴とする請求項2乃至4のいずれかに記載の半導体レーザ素子。

【請求項6】 MOCVD法にて、n型基板上に、順次n型ドーパバッファ層、n型ドーパクラッド層、第1のアンダー光ガイド層、アンダー量子井戸活性層、第2のアンダー光ガイド層、p型ドーパクラッド層、p型ドーパキャップ層を形成してなる半導体レーザ素子の製造方法において、

前記第2のアンダー光ガイド層とp型ドーパクラッド層の間に、アンダーのスペーサ層を形成してなることを特徴とする半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項7】 前記アンダースペーサ層は、5nm以上10nm未満の層厚で形成されてなることを特徴とする請求項6に記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【請求項8】 前記各層をMOCVD法によって形成し、MOCVD成長条件として、成長温度が650℃以上800℃以下であり、V族原料の供給量対III族原料の供給量との比が50以上200以下であることを特徴とする請求項6又は7に記載の半導体レーザ素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスク用や光通信などに用いられる半導体レーザ、並びにその製造方法に関し、特に良好な特性を有し、かつ信頼性の優れた量子井戸活性層を備えた半導体レーザに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、CD-R/RWやDVD-R/RWに代表される光ディスクへの情報書込において書込スピードを向上させる為、100mW級の半導体レーザの出現が期待されている。

【0003】半導体レーザの高出力化とその信頼性確保に対する課題は、端面劣化の抑制並びに低電流化の実現であり、これら課題に対して活性層を量子井戸とする構造がその利得特性で優れている点からバルク活性層の構造よりも有利である。

【0004】従来の活性層を量子井戸とした半導体レーザ素子の構造断面図を図7に示す。n型基板701上に、Siドーパn型バッファ層702、Siドーパn型クラッド層703、アンダー光ガイド層704、アンダー量子井戸活性層705、アンダー光ガイド層706、Znドーパp型クラッド層707、Znドーパp型キャップ層708が形成された後、リジストライブ状にZnドーパp型キャップ層708とZnドーパp型クラッド層707が加工され、リジストライブの側面をSiドーパ型ブロック層709で埋め込まれる。さらに、Znドーパp型コンタクト層710が形成されて半導体レーザ素子が構成される。また、711は導波路内の光分布を示している。

【0005】ここで、量子井戸活性層705の上下両側に形成される光ガイド層704と706は、量子井戸活性層705への良好な光閉じ込めを実現し、且つp型クラッド層707及びn型クラッド層703から量子井戸活性層705への不純物拡散を防止するために形成されている。

【0006】一般にバルク活性層の半導体レーザ素子の場合、活性層に不純物が拡散すると活性層中に光キャリアの再結合中心となる結晶欠陥が形成され、素子特性が低下し、また、不純物は素子動作中にも容易に拡散し、その結果素子寿命が低下するという問題があった。特にp型のドーピング材料として用いられるZnは膜中の拡散速度が速く、活性層がp型となってリモートジャンクションになっている場合が多い。このような問題点を解決する為、活性層とp型クラッド層の間にアンダー又は反対の導電型(n型)層を形成したり、拡散速度の小さい異なる組成の層を形成することによって、Zn拡散を防止する試みがなされている。

【0007】これに対して、量子井戸を活性層とする半導体レーザ素子では、量子井戸の両側に形成するアンダーの光ガイド層が量子井戸層への不純物拡散を防止する役割も兼ね備えている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、発明者らは量子井戸を活性層とする半導体レーザ素子で、本来量子井戸層への不純物拡散を防止する役割の光ガイド層へも不純物が拡散することによって、素子特性が低下することを確認した。特に $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上の不純物

がクラッド層から光ガイド層へ拡散すると閾値電流が上昇し、信頼性が低下することがわかった。これは、図7に示した様に活性層が量子井戸の場合、導波路内の光分布711としては、ガイド層内に分布している割合が大きくなる為、ガイド層内に拡散したドーバントによって形成される欠陥がガイド層に分布した光の再結合中心となることで素子の特性劣化を招いたものである。また、クラッド層から光ガイド層への不純物の拡散量とその拡散距離は、クラッド層のドーピング濃度及び製造条件に依存することもわかった。

【0009】本発明の目的は、量子井戸を活性層とする半導体レーザ素子においてアンドープ光ガイド層への不純物の拡散を防止することによって、高出力で信頼性の良好な半導体レーザ素子の構造とその製造方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】以上の問題を解決するため、本発明（請求項1）の半導体レーザ素子では、1対のクラッド層に挟まれた量子井戸活性層と、前記クラッド層の少なくとも一方と、量子井戸活性層との間に配置された光ガイド層とを備えた半導体レーザ素子において、光ガイド層とクラッド層の間に薄いアンドープのスペーサ層を形成し、クラッド層から拡散してくる不純物をスペーサ層で吸収し、光ガイド層への不純物拡散を防止するものであり、高い信頼性を有する半導体レーザ素子が得られる。

【0011】また、本発明（請求項2）の半導体レーザ素子では、光ガイド層とp型クラッド層の間に形成するスペーサ層を5nm以上10nm未満の層厚で形成することを特徴とするものであり、5nmよりも薄くなると光ガイド層への不純物拡散防止が不十分になり、素子特性並びに信頼性が劣化し、また10nm以上に厚くなるとキャリア濃度低下による電子障壁が低下して、半導体レーザ素子の温度特性が低下してしまう。従って、スペーサ層を5nm以上10nm未満の層厚で形成することで、良好な特性と高い信頼性を有する半導体レーザ素子が得られるものである。

【0012】また、本発明（請求項3）の半導体レーザ素子では、スペーサ層上に形成するpクラッド層のキャリア濃度を $8 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲とすることを特徴とするものであり、pクラッド層のキャリア濃度が上記の範囲より高い場合には多くの不純物がガイド層へ拡散し、特性劣化が生じる。また少ない場合には素子の温度特性の低下や動作電圧が高くなるという問題が生じてしまう。

【0013】また、本発明（請求項4）の半導体レーザ素子では、光ガイド層とp型クラッド層の間に形成するスペーサ層はp型の導電性を有し、スペーサ層と光ガイド層との界面でのキャリア濃度が $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下とすることを特徴とするものであ

り、スペーサ層がn型であるとリモートジャンクションになってしまい、また、スペーサ層と光ガイド層との界面でのキャリア濃度が $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 未満では素子の温度特性の低下や動作電圧が高くなるという問題が生じ、さらに、ガイド層への不純物拡散が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上になると素子特性並びに信頼性が劣化してしまうため、上記範囲とする必要がある。

【0014】また、本発明（請求項5）の半導体レーザ素子では、光ガイド層とp型クラッド層の間に形成するスペーサ層の組成はp型クラッド層と等しいか又はp型クラッド層よりもバンドギャップが大きいことを特徴とする半導体レーザ素子を提供するものであり、活性層への良好な光閉じ込めを行い、素子特性並びに光放射特性を良好に実現できる。

【0015】また、本発明（請求項6、7）の半導体レーザ素子の製造方法では、気相成長法にてn型基板上に順次n型ドーブバッファ層、n型ドーブクラッド層、アンドープ光ガイド層、アンドープ量子井戸活性層、アンドープ光ガイド層、p型ドーブクラッド層、p型ドーブキャップ層を形成してなる半導体レーザ素子の製造方法において、アンドープ光ガイド層とp型ドーブクラッド層の間にアンドープのスペーサ層を5nm以上10nm未満の層厚で形成することを特徴とする半導体レーザ素子の製造方法を提供するものであり、スペーサ層をアンドープとすることでp型の導電性確保とガイド層への不純物拡散を防止でき、気相成長方法によつて、nmオーダーの層厚の制御性も可能とするものである。

【0016】また、本発明（請求項8）の半導体レーザ素子の製造方法では、MOCVD (metal organic chemical vapor deposition: 有機金属気相成長) 法を用い、その成長条件として、成長温度が650℃以上800℃以下であり、v族原料の供給量対III族原料の供給量比が50以上200以下であることを特徴とするものであり、本条件によってクラッド層から光ガイド層への不純物の拡散量およびその拡散距離を制御し、且つ良質の結晶性が確保できるため、良好な特性と高い信頼性を有する半導体レーザ素子を得ることが可能となる。

【0017】以下、本発明の作用を記載する。

【0018】一般に半導体レーザ素子の活性層に不純物が拡散すると活性層中に光キャリアの再結合中心となる結晶欠陥が形成され、素子特性が低下し、また、不純物は素子動作中にも容易に拡散し、その結果素子寿命が低下するという問題がある。特にp型のドーピング材料として用いられるZnは膜中の拡散速度が速く、活性層がp型となってリモートジャンクションになってしまう。

【0019】量子井戸を活性層とする半導体レーザ素子では、量子井戸の両側に形成するアンドープの光ガイド層が量子井戸層への不純物拡散を防止する役割も兼ね備えていたが、検討の結果、光ガイド層へも $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上の不純物がクラッド層からガイド層へ拡散する

10

20

30

40

50

と閾値電流が上昇し、信頼性が低下することがわかった。これは、活性層が量子井戸構造で非常に薄い場合、導波路内の光はガイド層内に比較的大きな割合で分布している為、ガイド層内に拡散したドーバントによって形成される欠陥が光キャリアの再結合中心となり、素子の特性劣化を招くものと考えられる。つまり、活性層が量子井戸構造を有する半導体レーザでは、活性層ばかりでなくアンドープ光ガイド層へもZnが拡散すると特性劣化を招くことがわかった。この様な問題点に対して、光ガイド層とクラッド層の間に薄いスペーサ層を形成し、クラッド層から拡散してくる不純物をスペーサ層で吸収し、光ガイド層への不純物拡散を防止することによって、良好な特性と高い信頼性を有する半導体レーザ素子が得られた。

【0020】また、クラッド層から光ガイド層への不純物の拡散量とその拡散距離は、クラッド層のドーピング濃度及び製造条件に依存するため、ドーピング濃度や層厚に関わる素子構造設計と製造条件の最適化を行うことによって、高出力でしかも信頼性の良好な半導体レーザ素子の製造が可能となった。

【0021】

【発明の実施の形態】<実施例1>図1は実施例1の半導体レーザ素子の断面図である。これはリアルインデックスガイド型と呼ばれる構造で、MOCVD法でn型GaAs基板1（キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）上にn型GaAsバッファ層2（ $1.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ500nm設定）、n型Al_{0.3}Ga_{0.7}As下クラッド層3（キャリア濃度 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1000nm設定）、アンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}As光ガイド層4（厚み30nm）、アンドープAlGaAs二重量子井戸層5（ウェル層8nm、バリア層5nm）、アンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}As光ガイド層6（厚み30nm）、アンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}Asスペーサ層7（厚み6nm）、p型Al_{0.3}Ga_{0.7}As上第1クラッド層8（キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ300nm設定）、エッチングストップ層9、p型Al_{0.3}Ga_{0.7}As上第2クラッド層10（キャリア濃度 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1200nm設定）、p型GaAs層11（ $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ800nm設定）を形成する。

【0022】その後、p型GaAs層11とp型Al_{0.3}Ga_{0.7}As上第2クラッド層10を2～2.5μm幅のストライプ状のリッジに加工する。さらにMOCVD法によって、p型GaAs層11とp型Al_{0.3}Ga_{0.7}As上第2クラッド層10からなるリッジの側面をn型Al_{0.3}Ga_{0.7}As電流ブロック層12（キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ700nm）及びn型GaAs電流ブロック層13（キャリア濃度 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ500nm）で埋め込んだ後、MOCVD法でp型GaAsコンタクト層14（ $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1000nm設定）を形成する。

【0023】最後に、上面にはp電極15、下面にはn電極16を形成後、共振器長が600μmになるようにバー状に分割して、バーの両側の光出射端面に反射膜を非対称にコーティング（R=10%～95%）し、さらにチップに分割して個別の素子にする。素子形成の成長条件は、III族原料としてTMG（トリメチルガリウム）、TMA（トリメチルアルミニウム）、V族原料としてAsH₃（アルシン）、n型、p型の各ドーバント原料としてSiH₄（シラン）、DEZ（ジエチルジシク）を用い、成長温度は750℃、成長圧力は76 Torr、V/III=120で行った。

【0024】なお、比較のため、光ガイド層とpクラッド層の間にスペーサ層がない従来構造の素子も同時に試作した。試作した半導体レーザ素子の特性評価の結果、第1実施例の半導体レーザ素子（a）は室温での閾値電流が30mA、85mWでの動作電流が130mAであり、60℃、85mWのCWの信頼性試験においても2000時間以上に渡って安定に走行している。また、アンドープのスペーサ層7の組成をpクラッド層8、10と同じとした為、光放射特性はスペーサの有無で変化はなく、所望の特性（ $\theta_{\perp} = 9^\circ$ 、 $\theta_{\parallel} = 22^\circ$ ）が得られた。

【0025】これに対して、スペーサ層の無い従来素子（b）では室温での閾値電流が43mAと、10mA以上第1実施例の半導体レーザ素子（a）より増加し、60℃、85mWの信頼性試験においては数時間で素子劣化してしまった。

【0026】図2は、第1実施例の半導体レーザ素子（a）とスペーサ層の無い従来素子（b）における活性層近傍のドーピング不純物（Zn）原子の分布を示したものである。なお、ドーピングプロファイルはSIMS（secondary ion mass spectroscopy: 2次イオン質量分析法）によって測定した結果である。図2より、

（a）、（b）いずれの素子においてもpクラッド層から活性層側へのZnの拡散が認められるが、従来素子（b）では量子井戸層への拡散はないものの光ガイド層へ $10^{17} \sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の拡散が認められる。これに対し、第1実施例の半導体レーザ素子（a）では、スペーサ層7でZn拡散が抑制され、光ガイド層6への拡散が $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下に抑えられていることがわかる。

【0027】図3は、pクラッド層と光ガイド層との界面でのキャリア濃度に対する素子の閾値電流と85mW時での動作電圧の変化をプロットしたものである。図3より、pクラッド層と光ガイド層との界面でのキャリア濃度が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上で急激に閾値電流が増大し、また $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下で動作電圧が急激に増大していることがわかる。

【0028】すなわち、上記の結果から光ガイド層へ不純物（Zn）が拡散することにより、半導体レーザ素子の特性、信頼性が劣化するのは明らかであり、光ガイド

層への拡散してくるZn濃度としては、クラッド層と光ガイド層の界面で $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下にする必要がある。好ましくはガイド層へのZn拡散はより少ない方が良く、 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下の範囲が良い。したがって、光ガイド層6とpクラッド層8の間にアンドープの薄いスペーサ層7を設け、光ガイド層6への不純物の拡散を防止することによって、特性、信頼性の優れた半導体レーザ素子が得られた。

【0029】ところで、スペーサ層7の層厚は光ガイド層6への不純物拡散を抑制するためには厚い方がよいが、逆に厚すぎると半導体レーザ素子の特性を劣化させてしまう。すなわち、厚すぎるとヘテロ界面でのクラッド層8側のキャリア濃度が低下することによってキャリア障壁が低下し、高温でのキャリアのオーバーフローが増加し、素子の温度特性の低下を招いてしまう。また、局部的ではあるが、抵抗値が増加し、動作電圧の増加を起こしてしまう。つまり、スペーサ層7の層厚は最適な値が存在する。

【0030】図4に、pクラッド層のキャリア濃度が(a) $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、(b) $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、(c) $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の各場合におけるアンドープスペーサ層への不純物(Zn)の拡散プロファイルを示す。なお、スペーサ層は20nm形成している。上記の試作結果から光ガイド層への拡散してくるZn濃度としては $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下にする必要があるため、図4より、キャリア濃度の高い(c) $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の場合でもスペーサ層の層厚としては8nm程度で良いことがわかる。また、スペーサ層の層厚が5nm未満ではpクラッド層のキャリア濃度が $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上になり、上記の条件を満たすことはできない。

【0031】従つて、pクラッド層8、10のキャリア濃度を $8 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲とし、スペーサ層7の層厚を5nm以上10nm未満とすることで、特性、信頼性の優れた半導体レーザ素子が再現性良く得られる。より好ましくはpクラッド層8、10のキャリア濃度を $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下の範囲とし、スペーサ層7の層厚を5nm以上8nm以下の範囲とするのが良く、さらに最適値としては、pクラッド層8、10のキャリア濃度が $1.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、スペーサ層7の層厚が6nmであった。なお、本実施例では、MOCVD法による製造例について述べたが、nmオーダーの層厚制御性が可能なMBE(molecular beam epitaxy: 分子線エビタキシャル成長)法やMOMBE(metal organic MBE:有機金属分子線エビタキシャル成長)、GSMBE(gas source MBE:ガスソース分子線エビタキシャル成長)法のような気相成長法でも全く同じ効果がある。

【0032】<実施例2>図5は実施例2のAlGaInP系半導体レーザの断面図である。MOCVD法でn

型GaAs基板501(キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)上にn型GaAsバッファ層502($1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ500nm設定)、n型In_{0.5}Al_{0.5}Ga_{0.5}P下クラッド層503(キャリア濃度 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1000nm設定)、アンドープIn_{0.5}Al_{0.5}Ga_{0.5}P光ガイド層504(厚み35nm)、アンドープInAlGaP多重量子井戸層505(In_{0.5}Ga_{0.5}Pウエル層7nmとIn_{0.5}Al_{0.5}Ga_{0.5}P光バリア層8nmの4周期で構成)、アンドープIn_{0.5}Al_{0.5}Ga_{0.5}P光ガイド層506(厚み35nm)、アンドープIn_{0.5}Al_{0.5}Ga_{0.5}Pスペーサ層507(厚み8nm)、p型In_{0.5}Al_{0.5}Ga_{0.5}P上第1クラッド層508(キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ300nm設定)、エッチングストップ層509、p型In_{0.5}Al_{0.5}Ga_{0.5}P上第2クラッド層510(キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1000nm設定)、p型GaAs層511($4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ500nm設定)を形成する。

【0033】その後、p型GaAs層511とp型In_{0.5}Al_{0.5}Ga_{0.5}P上第2クラッド層510を4~5μm幅のストライプ状のリッジに加工する。さらにMOCVD法によって、p型GaAs層511とp型In_{0.5}Al_{0.5}Ga_{0.5}P上第2クラッド層510からなるリッジの側面をn型GaAs電流ブロック層512(キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1200nm)で埋め込んだ後、MOCVD法でp型GaAsコンタクト層513($4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1000nm設定)を形成する。

【0034】その後上面にはp電極514、下面にはn電極515を形成後、共振器長が800μmになるようにバー状に分割して、バーの両側の光出射端面に反射膜を非対称にコーティング(R=10%~95%)し、さらにチップに分割して個別の素子にする。素子製造における成長条件は、成長温度は650℃、成長圧力は76 Torr、V/III=200で行い、III族原料としてTMG(トリメチルガリウム)、TMA(トリメチルアルミニウム)、TMIn(トリメチルインジウム)Ⅴ族原料としてPH₃(ホスフィン)またはTBP(ターシャリーブチルホスフィン)、n型、p型の各ドーパント原料としてSiH₄(シラン)、DEZ(ジエチルジンク)を用いた。

【0035】試作した素子の特性は、所望の波長で発振していることからドーピング元素(Zn、Si)の拡散による多重量子井戸層の無秩序がなく、さらに、光ガイド層への拡散も抑制されていることを確認した。試作した素子の特性は、室温での閾値電流が45mA、60℃、30mWの信頼性試験においても2000時間以上に渡つて安定走行と、良好な結果を得ることができた。

【0036】<実施例3>図6は実施例3のInGaA

s系歪量子井戸活性層を有する半導体レーザ素子の断面図を示したものである。MOCVD法でn型GaAs基板601（キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）上にn型GaAsバッファ層602（ $1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ500nm設定）、n型Al_{0.3}Ga_{0.7}As下クラッド層603（キャリア濃度 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1000nm設定）、アンドープInGaAsP光ガイド層604（厚み35nm）、アンドープ歪量子井戸層605（In_{0.15}Ga_{0.85}Asウエル層7nmとInGaAsPバリア層20nmの2周期で構成）、アンドープInGaAsP光ガイド層606（厚み35nm）、アンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}Asスペーサ層607（厚み8nm）、p型Al_{0.3}Ga_{0.7}As上第1クラッド層608（キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ300nm設定）、エッチングストップ層609、p型Al_{0.3}Ga_{0.7}As上第2クラッド層610（キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ1000nm設定）、p型GaAsコンタクト層611（ $4 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ500nm設定）を形成する。

【0037】その後、p型GaAsコンタクト層611とp型Al_{0.3}Ga_{0.7}As上第2クラッド層610を2〜3μm幅のストライプ状のリッジに加工する。その後、リッジ上面及び側面にSiO₂膜612を形成し、ホトリソグラフィ法によってリッジ上面部のみSiO₂膜612を除去し、p型GaAsコンタクト層611を露出させる。その後、上面にはp電極613、下面にはn電極614を形成後、共振器長が800μmになるようにバー状に分割して、バーの両側の光出射端面に反射膜を非対称にコーティング（R=8%〜95%）し、さらにチップに分割して個別の素子にする。

【0038】素子製造における成長条件は、成長温度がn型Al_{0.3}Ga_{0.7}Asクラッド層503までの領域で750℃、光ガイド層504、506を含む歪量子井戸層505の領域で680℃、アンドープのスペーサ層507からpクラッド層508、510とコンタクト層513の領域で650℃とし、V/III比は、光ガイド層504、506を含む歪量子井戸層505の領域で200、それ以外で120とした。成長圧力は76 Torrで行った。これらの条件は、n型クラッド層503と光ガイド層504、506を含む歪量子井戸層505の領域では、それぞれの組成の層における最適な温度、V/III比で実施することで良質の結晶性を確保でき、また、pクラッド層508およびそれよりも上の層では、温度を下げることによって光ガイド層506へのZn拡散を抑制することができた。

【0039】なお、原料ガスは、III族原料としてTMG（トリメチルガリウム）、TMA（トリメチルアルミニウム）、TMIn（トリメチルインジウム）、V族原料としてAsH₃（アルシン）、PH₃（ホスフィン）、n型、p型の各ドーパント原料としてSiH₄（シラ

ン）、DEZ（ジエチルジシラン）を用いた。

【0040】試作した素子の特性は閾値電流30mA、80℃、150mWの信頼性試験においても、5000時間以上に渡って安定に走行している。

【0041】なお、上記各実施例においては、結晶成長にすべてMOCVD法によるものを記載したが、nmオーダーの層厚制御が可能なMBE法やMOMBE、GSMBE、ALE（atomic layer epitaxy：原子層エビタキシー）、VPE（vapor phase epitaxy：気相エビタキシー）法のような気相成長法でも、すべて同様な効果がある。

【0042】

【発明の効果】本発明は、量子井戸を活性層とする半導体レーザ素子において、光ガイド層とクラッド層の間に薄いアンドープのスペーサ層を設けることによって、クラッド層から拡散してくる不純物をスペーサ層で吸収し、光ガイド層への不純物拡散を防止できる為、良好な特性と高い信頼性を有する半導体レーザ素子が得られる。また、クラッド層やスペーサ層のドーピング濃度や層厚に関わる素子構造設計と製造条件の最適化を行うことによって、クラッド層から光ガイド層への不純物の拡散量およびその拡散距離を制御し、高出力でしかも信頼性の良好な半導体レーザ素子の製造が可能となった。特に、光ガイド層と、Znをドーブしたp型のクラッド層との間に、このスペーサ層を設けることにより、好ましい結果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の半導体レーザ素子の構造断面図である。

【図2】実施例1の半導体レーザ素子（a）とスペーサ層の無い従来素子（b）における活性層近傍のドーピング不純物（Zn）原子の分布を示す図である。

【図3】pクラッド層と光ガイド層との界面でのキャリア濃度に対する素子の閾値電流と85mW時での動作電圧の変化を示す図である。

【図4】pクラッド層の各キャリア濃度におけるアンドープスペーサ層への不純物（Zn）の拡散プロファイルである。

【図5】実施例2の半導体レーザ素子の構造断面図である。

【図6】実施例3の半導体レーザ素子の構造断面図である。

【図7】従来の半導体レーザ素子の構造断面図である。

【符号の説明】

- 1 n型GaAs基板
- 2 n型GaAsバッファ層
- 3 n型Al_{0.3}Ga_{0.7}As下クラッド層
- 4 アンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}As光ガイド層
- 5 アンドープAlGaAs二重量子井戸層
- 6 アンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}As光ガイド層

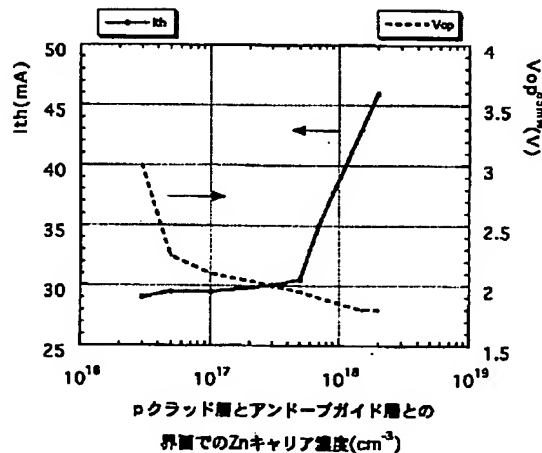
11

- 7 アンダーブAl_{0.1}Ga_{0.9}Asスペーサ層
 8 p型Al_{0.1}Ga_{0.9}As上第1クラッド層
 9 エッチングストップ層
 10 p型Al_{0.1}Ga_{0.9}As上第2クラッド層
 11 n型GaAs層
 12 n型Al_{0.1}Ga_{0.9}As電流ブロック層
 13 n型GaAs電流ブロック層
 14 p型GaAsコンタクト層
 14 p電極
 15 n電極
 501 n型GaAs基板
 502 n型GaAsバッファ層
 503 n型In_{0.1}(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.9}P下クラッド層
 504 アンダーブIn_{0.1}(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.9}P光ガイド層
 505 アンダーブInAlGaP多重量子井戸層
 506 アンダーブIn_{0.1}(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.9}P光ガイド層
 507 アンダーブIn_{0.1}(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.9}Pスペーサ層
 508 p型In_{0.1}(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.9}P上第1クラッド層
 509 エッチングストップ層
 510 p型In_{0.1}(Al_{0.1}Ga_{0.9})_{0.9}P上第2クラッド層
 511 p型GaAs層
 512 n型GaAs電流ブロック層

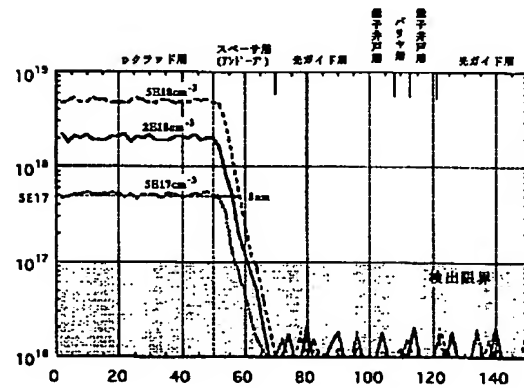
12

- * 513 p型GaAsコンタクト層
 514 p電極
 515 n電極
 601 n型GaAs基板
 602 n型GaAsバッファ層
 603 n型Al_{0.1}Ga_{0.9}As下クラッド層
 604 アンダーブInGaAsP光ガイド層
 605 アンダーブ歪量子井戸層
 606 アンダーブInGaAsP光ガイド層
 10 607 アンダーブAl_{0.1}Ga_{0.9}Asスペーサ層
 608 p型Al_{0.1}Ga_{0.9}As上第1クラッド層
 609 エッチングストップ層
 610 p型Al_{0.1}Ga_{0.9}As上第2クラッド層
 611 p型GaAsコンタクト層
 612 SiO₂膜
 613 p電極
 614 n電極
 701 n型基板
 702 Siドープn型バッファ層
 703 Siドープn型クラッド層
 704 アンダーブ光ガイド層
 705 アンダーブ量子井戸活性層
 706 アンダーブ光ガイド層
 707 Znドープp型クラッド層
 708 Znドープp型キャップ層
 709 Siドープn型ブロック層
 710 Znドープp型コンタクト層
 * 711 導波路内の光分布

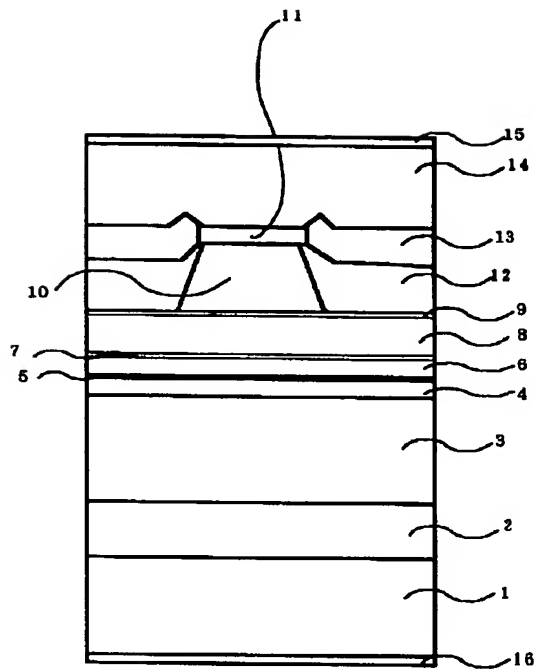
【図3】



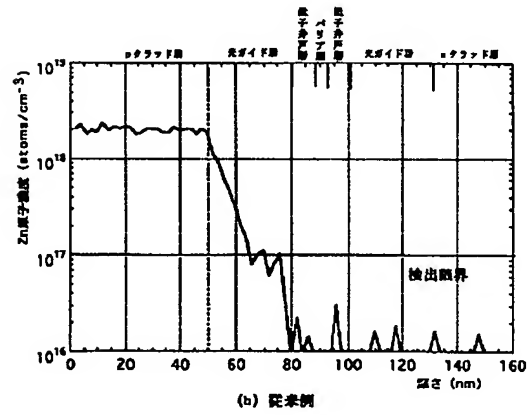
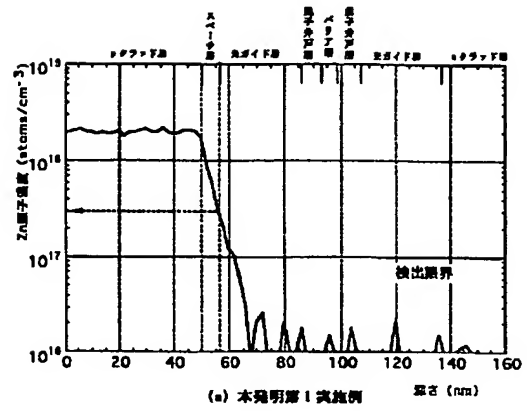
【図4】



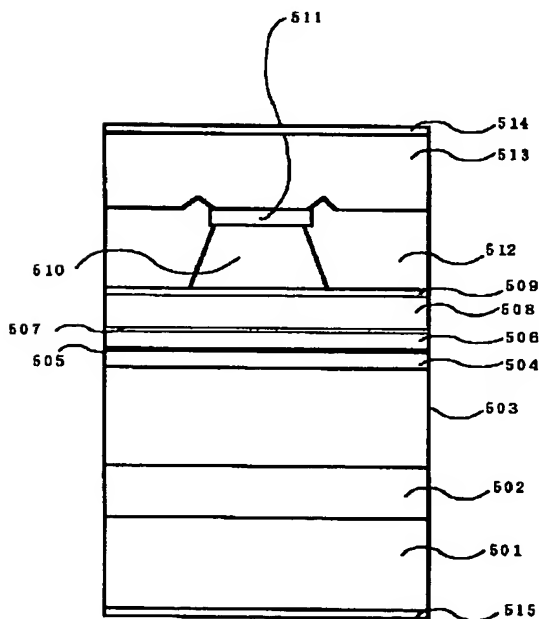
【図1】



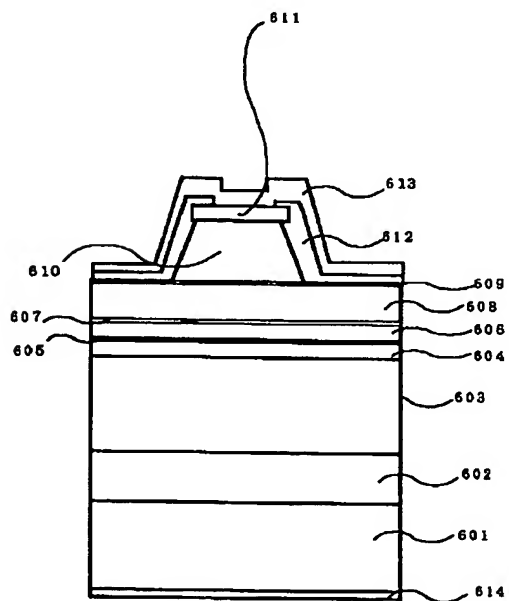
【図2】



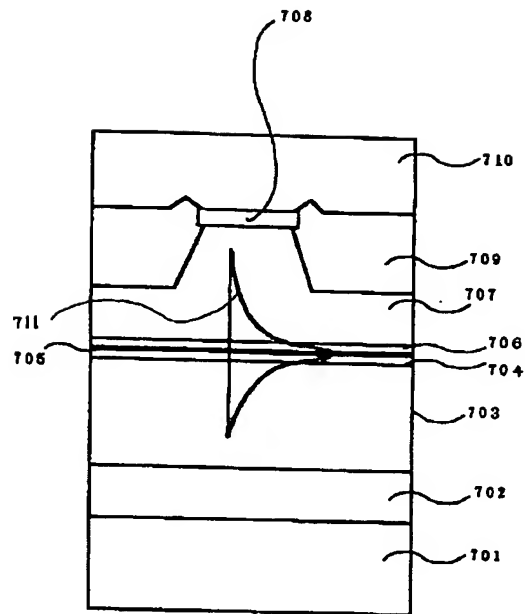
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 川戸 伸一
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内

Fターム(参考) 5F073 AA13 AA45 AA52 AA53 AA74
AA83 BA01 BA05 CA05 CA07
CA17 CB02 CB07 DA05 EA24